

CÓDIGO: 5.6.04

HIBRIDACIÓN DE TÉCNICAS DE MODELADO 3D Y GIS PARA LA GESTIÓN DE EDIFICIOS UNIVERSITARIOS: EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Ruiz, Oscar (1º Autor)^{1*}, Cosido, Oscar J.², Gálvez, Akemi³, Iglesias, Andrés⁴

1: Ingeniero Técnico Industrial

oscar.ruiz@alumnos.unican.es

2: Universidad de Cantabria, Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación / Ayuntamiento de Santander

oscar.cosido@gmail.com

3: Universidad de Cantabria, Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación

akemi.galvez@unican.es

4: Universidad de Cantabria, Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación

iglesias@unican.es

PALABRAS CLAVE: Modelado 3D, Fotogrametría Convergente, GIS , Gestión del Patrimonio

RESUMEN

Dentro de la línea de investigación del grupo de Gráficos por Computador y Diseño Geométrico de la Universidad de Cantabria, se ha planteado el prototipado de un sistema de gestión del patrimonio edificado de una Universidad, así se ha escogido el edificio más simbólico en la actualidad para la Universidad de Cantabria, se ha documentado digitalmente y se ha modelado en 3D mediante técnicas de ingeniería inversa, y se ha introducido en una base de datos, implementando un GIS [1], de forma que permita la gestión y conservación del edificio. El sistema se basa en que se tienen todos los datos de la base de datos alfanumérica conectados con la parte gráfica, así tendremos el campus documentado en las tres dimensiones, tanto en planta como en alzado del edificio y por extensión de todos el campus universitario.

Este sistema permitirá documentar todas las patologías de los distintos edificios, así como gestionarlas a partir del Sistema de Información Geográfica que servirá como aproximación a los GIS 3D.

1. INTRODUCCIÓN

El Edificio Tres Torres está considerado como un emblema de la Universidad de Cantabria, es una de las construcciones más importantes y ha sido concebido como la puerta a la modernidad.

La complejidad y amplitud del concepto de patrimonio obliga a comenzar con una síntesis conceptual en la que se enmarquen su medida y representación, estableciendo qué parte del mismo puede ser registrado por medio de medidas, qué información aportan éstas y cuáles son sus aplicaciones. Instituciones internacionales como la UNESCO, el Consejo de Europa, el ICOMOS, etc., han generado sus propios documentos, definiciones y relaciones de elementos patrimoniales. No hay que olvidar la jurisprudencia generada en forma de reglamentos, leyes y decretos emanados en España, desde la Constitución hasta las entidades locales, pasando por las Comunidades Autónomas y Diputaciones, cada una con su propia definición de patrimonio. Esta multiplicidad de definiciones, la dispersión de las mismas, junto con la amplitud de materias, objetos y ciencias que abarca, no consigue fijar el foco sobre el alcance de este concepto, planteándose como un sustantivo polisémico en función del punto de vista y los objetivos de

quien lo evoque. Pudiendo definir el patrimonio como aquello que está constituido por todo lo que se transmite de unas a otras generaciones y que es considerado como valioso, siendo esta consideración asignada socialmente por diversos motivos y circunstancias, pudiendo, por tanto, cambiar en función de la coyuntura, por lo que dada la relevancia del Edificio este puede ser considerado Patrimonio de la Universidad de Cantabria.

El Edificio Tres Torres está ubicado en el Campus Universitario de la Llamas, de la Universidad de Cantabria.

El diseño en tres dimensiones (3D) es un campo de la informática muy amplio y está muy presente en nuestra vida cotidiana. Desde publicidad en televisión hasta las películas de animación o efectos especiales, pasando por los videojuegos o diseño de espacios y arquitecturas. Todos ellos, con sus similitudes y características propias, se nutren en mayor o menor medida de las técnicas y herramientas del diseño 3D para su realización. En los últimos años, los algoritmos para la reconstrucción de objetos reales en 3D han recibido atención significativa, no sólo en la visión artificial, sino también como herramientas para una variedad de aplicaciones en medicina, fabricación, robótica, arqueología y otros campos que requieren modelado en tres dimensiones de ambientes reales. Así, el objetivo principal de la reconstrucción 3D es obtener un modelo a partir de una imagen o varias, es decir, imitar la capacidad que tienen los seres humanos de ver un mismo objeto en 3D cuando se le muestra una imagen del objeto en 2D. Este objetivo se concibe como algo necesario para conseguir un lenguaje gráfico de comunicación entre el ordenador y el ser humano [2].

El proyecto desarrollado se enmarca en el diseño 3D de espacios y arquitecturas [3]. El diseño 3D de espacios y arquitecturas se sirve de la tecnología informática aplicada a la arquitectura para realizar o recrear una estructura, un edificio, espacios interiores habitables, etc. Este levantamiento o documentación 3D de los edificios, está unido a la creación de un Sistema de Información Patrimonial, mediante la implementación de un sistema de localización mediante GIS (Geographic Information Systems), donde podemos tener localizados y georreferenciados los principales edificios catalogados como Bienes Culturales, permite tener un inventario digital donde poder consultar los edificios a visualizar, con una ficha de sus principales características y el inventario o modelado del edificio, tanto el interior como las diferentes fachadas del mismo. Sobre la cartografía de la ciudad de Santander se pueden ver distribuidos dichos edificios, así se puede seleccionar uno concreto o varios, mediante consultas alfanuméricas o espaciales al sistema y este nos devolverá la ficha correspondiente al edificio con sus datos alfanuméricos y la posibilidad de visualizar el modelo 3D, así como el estudio de detalle con los planos, alzados, perfiles y todo el material gráfico necesario para, como principal finalidad, la posible reconstrucción del edificio en caso de necesidad, ya sea por una destrucción fortuita del mismo o rehabilitación [4][5].

Un Sistema de Información Geográfica (GIS, en lo sucesivo), es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, la gestión, el análisis, el modelado y la presentación de datos espacialmente georreferenciados. GIS es una serie de capas de información espacial, en formato digital, que engloban diferentes variables (formato ráster) o bien capas que representan objetos, en formato vectorial, a los que se enlaza con una base de datos. Así se pueden combinar en un mismo sistema diferentes tipos de información, de diferentes fuentes conformando un sistema de estructura más compleja. Los GIS se han desarrollado utilizando y uniendo diferentes tipos de aplicaciones informáticas relacionadas con diversos campos como la cartografía, sistemas de gestión de bases de datos (SGBD). Una ventaja importante de los GIS es la forma de mostrar la información gráfica georreferenciada, esto hace que los resultados sean más fácilmente interpretables y comprensibles. No obstante en un GIS lo que más cuenta no es la forma de mostrar la información, si no los datos que esa forma de representación genera.

El desarrollo técnico y métodos avanzados de Sistemas de Información Geográfica, se puede aplicar para la catalogación, auscultación, diagnóstico y gestión de la información del estado de conservación de las

infraestructuras construidas y estimación de la vida potencial de materiales ó sistemas constructivos, con métodos de campo, laboratorio ó numéricos, incluyendo la evaluación del impacto en el medio natural, la erosión del suelo, el efecto de la población y actividades socio-económicas en el estado de las edificaciones e infraestructuras.

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas utilizadas para la gestión del territorio, la tendencia es a utilizar y personalizar mediante lo que podríamos denominar Sistemas de Información Geográfica de consulta: Por tal entendemos, aquel que sirve para preguntar al sistema y obtener repuestas tanto espaciales como alfanuméricas a escoger, pero con intervención generadora de nuevos procesos, temas, etc. Con unos resultados previamente obtenidos, de ahí la facilidad de uso. Actualmente, se asiste a una extensión y mejora de las redes de comunicaciones, que permiten incorporar diferentes entornos de desarrollo, servicios Web y aplicaciones ajustadas las necesidades de empresas ó de usuarios institucionales. Por todo ello, la tecnología más reciente está orientada a la generación de una relación continua entre el sistema y el usuario mediante interfaces gráficos. Las limitaciones de los sistemas actuales de SIG 2D y de visualización 2.5D - 3D, pueden llevar a plantearnos la pregunta de cómo usar las tecnologías SIG para gestionar la información en edificios urbanos y su entorno; sobre todo en el caso en que se quiera actuar de alguna manera sobre el mismo, tal y como sucede en la rehabilitación del patrimonio en general.

El objetivo del presente Proyecto es implementar una nueva metodología de trabajo, combinando diferentes técnicas de tratamiento de imágenes y modelado 3D de objetos de rango cercano, hibridando técnicas fotogramétricas con las provenientes del campo de la visión artificial, y una posterior implementación para la generación de un prototipo GIS 3D, de forma que se puedan unir varias tecnologías que mejoren la documentación digital de edificios.

Es muy importante resaltar que no contamos con la existencia de planos ni alzados exteriores previos de este edificio, más allá de unos planos interiores, por ello se ha procedido a documentar métricamente este edificio por ingeniería inversa. De forma que se tengan medidas de todos los elementos arquitectónicos del edificio de forma precisa de esta forma un fortuito derrumbe o demolición no impediría el poder volver a construirlo de forma precisa como si de una réplica se tratase.

2. DESARROLLO

2.1 Trabajo Fotográfico

Buscamos siempre las condiciones ideales de luz, primeras horas del día, tratando de lograr el menor número de sombras y resaltar las texturas de los materiales. Siempre hay zonas cuyo acceso resulta complicado, tratar de abarcarlas de la mejor manera posible, es por eso que se valoraron diferentes formas de lograr elevar el punto de vista.

Todas las imágenes tienen entre si puntos de convergencia, estos son los que vamos a relacionar, indicándole cada punto seleccionado con cuales coincide en las otras fotos. Ese punto estará bien referenciado si tiene el mismo identificador en todas las fotografías. Ese es el proceso de trabajo, continuar relacionando puntos que nos vayan construyendo un modelo inalámbrico, al que más adelante añadiremos texturas. Lo que buscamos es básicamente la referenciación entre fotografías, tratando de lograr visuales que formen 90°, algo geoméricamente imposible, pero tratamos de aproximarnos.

Las fotografías se efectúan con la cámara digital no métrica Canon PowerShot G12, sobre con plataforma abatible 90°. Gracias a que la cámara está apoyada sobre el trípode, enfocada al infinito con la menor apertura posible de diafragma se toman las fotografías bastante nítidas.

Gracias a la orientación de las fachadas, tampoco aparece el sol incidente en las fotografías y por lo tanto no se producen velados. Las fotografías son impresas y analizadas, para determinar la posición, como mínimo de 3 puntos de control mayor. Estos puntos son necesarios para realizar el proceso de orientación externa.

2.2 Trabajo Topográfico

Una vez realizada la cobertura fotográfica y estudiado los puntos de control mayor, se establecen y se marcan en el terreno las bases de la red a partir de las cuales realizaremos el levantamiento del edificio.

La red está formada por un total de 8 bases de estación distribuidas. Para esta fase se combinó la utilización de un GPS TRIMBLE y una Estación Total tipo LEICA modelo TC805L, además de prisma circular y flexómetro.

2.3 Tolerancia del Trabajo de Campo

La tolerancia es un valor que nos permite desechar las medidas que lo sobrepasen, no considerándolas. Ésta se calcula a partir de una serie de errores accidentales producidos por el instrumental y el método que se utiliza. Nuestra tolerancia calculada era de 3 cm en altimetría y 2 cm en planimetría.

2.4 Calibración de Cámara

El primer paso es conocer los parámetros internos o de calibración de la cámara fotográfica utilizada, para ello se utiliza el programa fotogramétrico. Este proceso consiste en el cálculo de la transformación que relaciona las coordenadas instrumentales con las foto-coordenadas a través de los CCD (píxeles) extremos de la imagen y de las coordenadas del punto principal. Se hicieron una serie de fotografías con la cámara digital no métrica Canon PowerShot G12 a una plantilla en formato DIN A0 que contiene puntos de control (ver Figura 1).

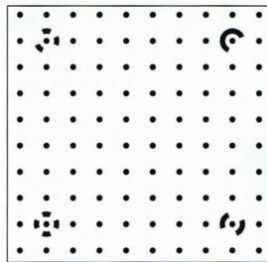


Figura 1. Retícula para la calibración de la cámara

El programa calcula: La focal de la cámara, la posición del punto principal y la función de distorsión de la lente, parámetros necesarios para realizar la orientación interna de cada fotografía.

2.5 Computación.

Para la restitución en el programa fotogramétrico se han seguido los siguientes pasos que consiste en:

- Orientación relativa: Se trata de relacionar un par de fotografías, encontrando los parámetros que sitúan a una (generalmente la de la derecha) respecto a la otra, en el momento de la toma fotográfica.
- Orientación absoluta: Donde se relacionan puntos tomados en la imagen con puntos radiados en el terreno, por lo tanto, de coordenadas conocidas, para determinar la transformación que existe entre ambos y obtener las coordenadas terreno de cualquier punto que aparece en la fotografía.

2.6 Restitución 3D

Utilizando la técnica de puntos homólogos y las fotografías orientadas, comenzaremos a generar una nube de puntos 3D que utilizaremos para generar líneas y superficies, a dichas superficies se las podrá asignar textura real. Una vez realizado por separado los modelos de cada uno de los tres edificios que forman el Edificio Tres Torres se unen todas las partes del edificio con las que trabajamos en CAD,. Se exporta cada una de las partes en formato DXF, al abrirlas en CAD lo primero que hay que lograr es orientarlas, alinearlas en los ejes X, Y y Z y escalarlas con la planta hasta hacerlas encajar formando un solo sistema en coordenadas UTM.

Buscando puntos de convergencia, sí se observó que para conseguir mayor precisión y que se acercase más a la realidad, tuvimos que hacerlo dando unos puntos por topografía. Cada una de ellas tenía que estar orientada y escalada, esto lo conseguimos eligiendo un punto como origen (0,0,0) y, a partir de él, le damos una distancia a otro punto para definirle el tamaño del objeto, le orientamos en los ejes X y Z, es decir, le damos una altura y una profundidad, mediante tres puntos, así fuimos uniendo, de forma sucesiva, cada una de las partes [6][7].

2.7 Renderizado y Modelado 3D

Se decide exportar el modelo obtenido a un programa de CAD, en concreto el programa de Autodesk “AutoCAD”; una herramienta profesional con todas las funcionalidades necesarias y de nivel técnico muy alto, la cual es usada incluso para el diseño de piezas en el campo de la ingeniería en las que la exactitud es un factor clave. Con el modelo en AutoCAD se trabaja en mejorar todas las pequeñas desviaciones que hay en el modelo de malla, en las líneas de ruptura del edificio, a si como en modelar detalles como las barandillas de balcones, marcos de las ventanas, etc.

Una vez corregidas todas las desviaciones y modelados todos los detalles se exporta el modelo a un Software de modelado y animación en 3D para mejorar el texturizado e interactuar con fuentes de iluminación de la escena para permitir alcanzar un efecto de visualización con el mayor realismo posible. Para generar las texturas del modelo definitivo del Edificio Tres Torres se han utilizado nuevamente las fotos del edificio, para conseguir el máximo realismo.

2.8 Mapeo y texturizado.

Es necesario mapear el objeto a texturizar para que dicha textura se adapte correctamente. El mapeo (del inglés mapping) consiste básicamente en seleccionar y asociar una figura geométrica (la cual contendrá realmente la textura) y que envolverá al objeto original proyectando la textura sobre este último. La clave está en la elección de una figura geométrica que sea lo más simple posible, con ello se busca optimizar al máximo el uso de recursos computacionales a la hora de su renderizado. Una vez realizado el mapeo hay que aplicar la textura que irá superpuesta en la figura utilizada como mapeo. El texturizado se puede considerar como el tipo de material y las características con las que se dotan a cada objeto. Se puede especificar su color, rugosidad, índice de reflexión, luminosidad y un sinfín de opciones más.

En el texturizado del edificio la mayor parte de las texturas usadas han sido texturas de repetición, es decir texturas tipo mosaico, las cuales no llegan a cubrir toda la superficie del objeto y es necesaria su repetición a través de la superficie del objeto, aunque las texturas de repetición suelen ofrecer resultados con menos calidad de detalle suele compensar su uso debido a que se optimiza el uso de recursos (ocupan menos y se utilizan en varios objetos). Además, supone un importante ahorro de tiempo en su creación así como un uso menor en los recursos y por lo tanto el espacio usado en memoria es menor. Mediante el uso de sombras y focos de luz, se ha realzado la sensación de 3D, así como también se ha maximizado la

sensación de realidad a la hora de realizar el renderizado. Obteniendo finalmente el resultado presente en la Figura 2.



Figura 2. Modelo tras aplicar técnicas de rendering.

2.9 Creación de Ortofotografías

Una vez obtenida la restitución y edición de todos los elementos del edificio se realizan las orto-imágenes [8]. Dichas ortofotos están escaladas y rectificadas de tal manera que se puede medir directamente sobre ellas. Se trata de corregir el desplazamiento originado por la inclinación de la cámara y la profundidad de los elementos que aparecen en la fotografía como, por ejemplo, los balcones. Obteniendo una exactitud métrica.

3. CONCLUSIONES

El diseño 3D es un campo complejo y cambiante [9]. Las técnicas que se utilizaban en el pasado están desfasadas, del mismo modo que las que actualmente se utilizan serán reemplazadas por nuevas técnicas más avanzadas que obtengan mejores resultados. Tras la decisión de utilizar la técnica de Fotogrametría Terrestre para realizar el trabajo presente en este Proyecto y siguiendo la línea de investigación del grupo de Gráficos por Computador y Procesado Geométrico de la Universidad de Cantabria, se ha conseguido una nueva metodología de trabajo, empleando la ingeniería inversa, combinando diferentes técnicas de tratamiento de imágenes y modelado 3D. Utilizando una cámara fotográfica, un equipo informático con el Software adecuado y un pequeño apoyo topográfico se ha conseguido documentar gráficamente y modelar en 3D todo el “Edificio Tres Torres” de la Universidad de Cantabria, resaltando el hecho de que no se contaba con la existencia de ningún plano de los exteriores de dicho edificio.

Por lo que se podría considerar un método de trabajo “accesible, efectivo y preciso”, dado que se ha conseguido una gran precisión en la realización del modelo 3D, con la posibilidad de obtener planos arquitectónicos del edificio, los cuales podrían ser utilizados para la reconstrucción fiel de dicho edificio en caso de un fortuito derrumbe o demolición.

Tras la finalización de este Proyecto se deja abierta la continuidad en el desarrollo de la investigación en la integración de este tipo de metodologías, donde hemos generado un prototipo de GIS 3D, sumando a la potencia de las Bases de Datos Relacionales que incluyen parte Gráfica o Geográfica (GIS), la implementación de topologías tridimensionales.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cosido, O., de José, J., Piquero D., Iglesias A., Sainz E.: *“Implementation and Deployment of Geographical Information System Services in the Municipality of Santander”*. ICCSA 2011. IEEE. (2011)
- [2] Seitz, S. M., Curless, B., Diebel, J., Scharstein, D., & Szeliski, R. (2006). A comparison and evaluation of multi-view stereo reconstruction algorithms. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society, Vol. 1, 519-528.
- [3] Andrew I. Comport, Éric Marchand, François Chaumette .Robust model-based tracking for robot vision.. IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS'04, Sendai, Japan, September 2004.
- [4] Buill, F., Núñez, M.A.,Rodríguez, J.J. (2007). Fotogrametría arquitectónica. Editorial Edicions UPC.
- [5] Lerma, J.L. (2002). Fotogrametría moderna. Analítica y digital. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. p. 37-38
- [6] Andreetto M., Brusco N., Cortelazzo G., (2003) “Automatic 3D modeling of textured cultural heritage objects”, Department of Information Engineering, University of Padova.
- [7] Remondino, F., El-Hakim, S.F., (2006) “Image-Based 3D Modeling: A Review”. The Photogrammetric Record Journal. Volume 21, Number 115, pp. 269-291.
- [8] Pérez, A., Lerma, J.L., Martos, A., Jordá, F., Ramos, M., Navarro, S., (2007). Generación automática de ortofotografías verdaderas en Arquitectura. Séptima Semana Geomática de Barcelona, España.
- [9] Cosido, Oscar & López, Conrado “Stereowebmap: 3D Cartography Server” GISCOAST 2007.